

# LA CORROSION : UNE UNITÉ STRATIGRAPHIQUE

ELSA DESPLANQUES, MARINE CROUZET

**Résumé** La conservation-restauration des objets métalliques permet d'avoir un accès privilégié à leur contexte d'enfouissement immédiat à travers l'observation des produits de corrosion. Contrairement à d'autres matériaux, les objets métalliques corrodés portent en eux une partie de leur contexte archéologique d'abandon, puisque leurs produits de corrosion se mélangent avec celui-ci pour former une gangue plus ou moins épaisse, qui résiste bien souvent au premier nettoyage de terrain. Par conséquent, la conservation-restauration d'objets métalliques consiste véritablement en une poursuite de la fouille archéologique à l'échelle de l'objet, selon une méthodologie similaire, strate par strate, documentée et interprétée. C'est ainsi le moment de découvertes exogènes et pourtant cohérentes avec les objets, comme la mise en évidence des restes organiques minéralisés. À travers plusieurs exemples issus de fouilles récentes de nécropoles ou d'anciennes collections non restaurées depuis leur mise au jour, nous présentons ce travail d'étude préalable pendant la restauration, parfois difficile à anticiper ou à chiffrer, et pourtant capital pour la science archéologique à laquelle contribuent, ensemble, le conservateur-restaurateur et l'archéologue.

**Mots-clés** corrosion, strates, unité stratigraphique, métal, restes organiques minéralisés, collaboration archéologue/conservateur-restaurateur.

La notion de strates et la notion d'interface entre ces strates ont déjà été théorisées et définies en conservation-restauration des objets archéologiques métalliques. Elles sont au cœur des travaux de référence de Régis Bertholon et du projet Mi-Corr développé par Christian Degrigny, et on retrouve une approche similaire dans toutes les coupes métallographiques qui permettent de faire avancer la recherche en archéométrie ou en connaissance des processus de corrosion.

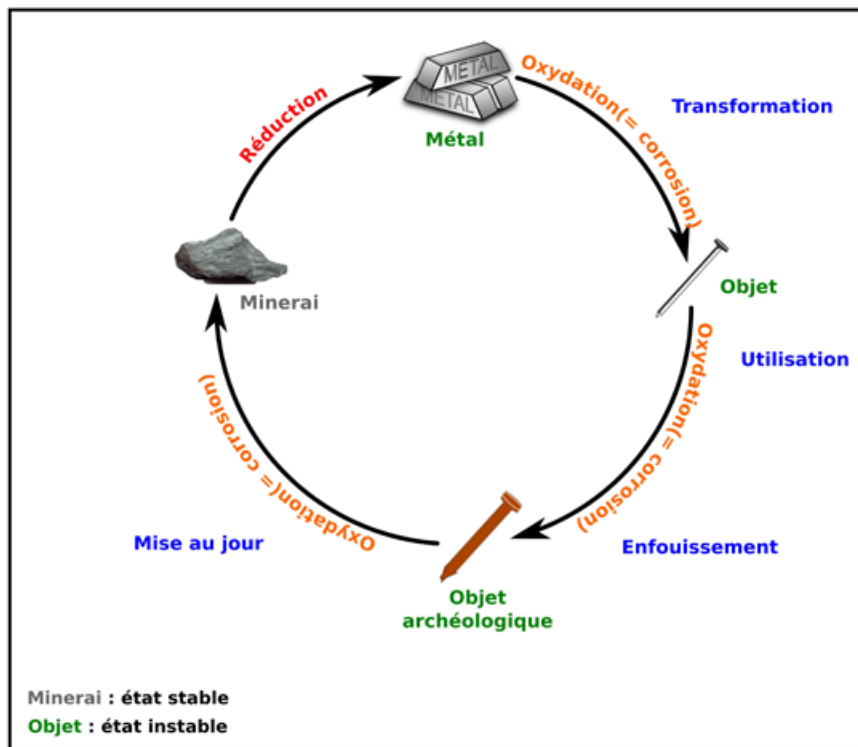
Nous avons souhaité profiter de l'opportunité de ce colloque, destiné à faire se rencontrer archéologues et conservateurs-restaurateurs, pour nous appuyer sur ces notions afin d'insister sur l'importance de la prise en compte des couches de corrosion comme une partie intégrante des objets archéologiques, dès leur prise en charge à la sortie de la fouille. Si elles sont depuis longtemps étudiées par les disciplines citées, les différentes strates de corrosion et de sédiments semblent souvent méconnues des archéologues (ainsi que l'on a pu le constater au cours de formations récemment délivrées au sein de l'INRAP ou au cours de discussions avec nos partenaires) au profit de l'étude du site ou des objets. Les tensions soulevées par les activités de l'archéologie préventive ne pouvant suffire à expliquer cet oubli, nous avons souhaité ouvrir le débat pour envisager une meilleure prise en compte de ces problématiques. C'est pourquoi nous montrerons l'enjeu de la conservation d'un objet métallique avec ou sans sa couche de corrosion, du point de vue de son intégrité et du point de vue de la nature des informations que l'on peut retrouver. Et nous essaierons d'étudier l'écho de ces enjeux

dans les processus de décisions administratives. Nous proposerons ensuite une discussion sur les modalités d'une réflexion collective sur d'éventuels protocoles à mettre en place pour permettre une meilleure prise en compte des produits de corrosion comme une unité significative pour la recherche archéologique.

## La corrosion : une strate entre l'objet et le milieu

### Le cycle de la corrosion

L'objet archéologique en métal provient de la transformation d'un minerai. Ce dernier, constitué d'oxydes métalliques, se trouve dans un état stable sur terre. L'objet en métal créé à partir de ce minerai est donc par nature instable. Par conséquent, tout au long de son existence, le métal, face aux facteurs environnementaux tels que l'oxygène, l'humidité, les sels, va chercher à retourner à son état naturel, le minerai. Cette tendance du métal à toujours revenir à l'état de minerai, c'est la corrosion. Tout le reste est affaire de cinétique. Cela va plus ou moins vite, mais cela va arriver : l'objet en métal va se corroder (fig. 1).



### Cycle d'un objet en métal

Figure 1 Le cycle de la corrosion. © A-CORROS.

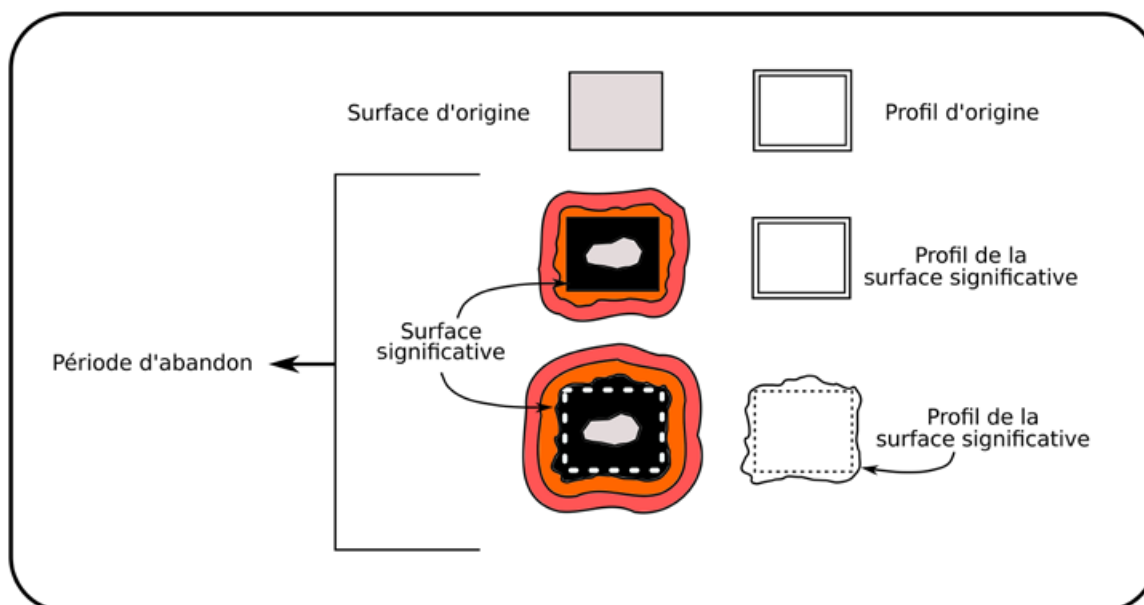
### Taphonomie d'un objet en métal

Les temps de la fabrication, de l'utilisation et de l'enfouissement représentent trois moments-clés pour le métal : trois phases d'exposition différentes à plusieurs facteurs de corrosion. Pour les objets archéologiques, l'enfouissement constitue bien souvent la période la plus longue. Pendant cette période, l'objet interagit avec son milieu, par un échange d'électrons,

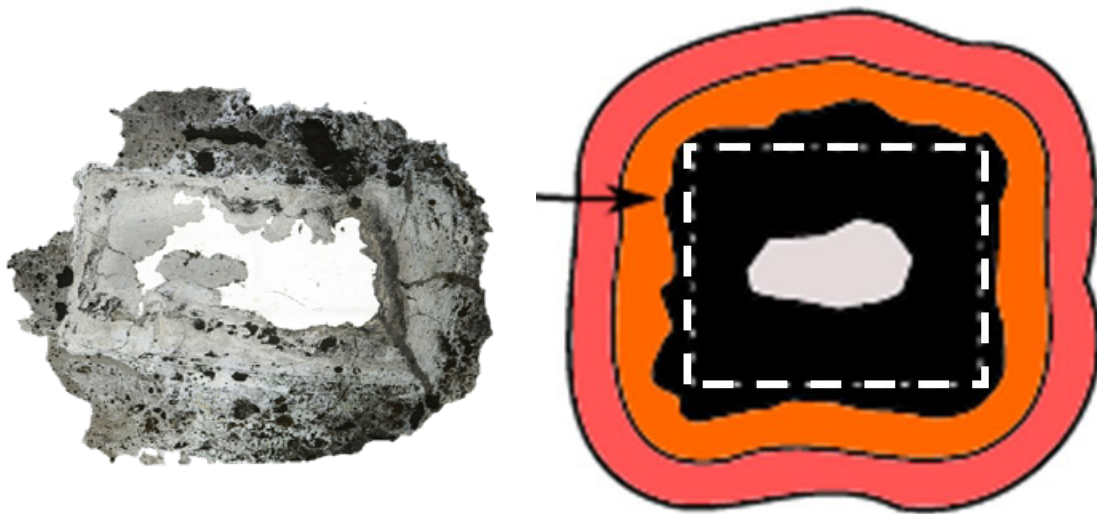
et des modifications physico-chimiques de sa surface et de sa structure interviennent. Ces évolutions contribuent peu à peu à rapprocher la composition de l'objet en métal de son minerai d'origine, ce qui se traduit par une perte progressive du noyau métallique de l'objet au profit de la formation d'un mille-feuilles de produits de corrosion, recouvert d'une gangue plus ou moins épaisse de concrétions autour de sa surface externe (fig. 2, 3 et 4).



**Figure 2** Similitudes visuelles entre des minerais métalliques et des objets archéologiques métalliques corrodés. © A-CORROS.



**Figure 3** Représentation schématique en coupe d'un objet archéologique métallique corrodé. © A-CORROS.



**Figure 4** Vision en coupe d'un objet métallique corrodé : observation au microscope optique d'un clou, provenant du site du Castellet- Le Galantin, en coupe transversale. ©A-CORROS-LAPA.

En effet, rien ne se perd, tout se transforme. Sous l'effet du temps et des conditions de l'enfouissement, la matière métallique se transforme à raison d'un ratio de 1 mm de métal pour 5 mm de produits de corrosion. Heureusement, le niveau de la surface d'origine, porteur de l'ensemble des informations archéologiques, même si cette surface est modifiée au contact du milieu d'enfouissement, reste pourtant bien présent au milieu de ces couches de corrosion. Ainsi, les produits de corrosion, les éléments à proximité, les sédiments, tout cela se retrouve sur nos objets archéologiques métalliques. Cependant, ce mélange n'est pas homogène, et en réalité la cinétique est si lente qu'une organisation a le temps de voir le jour et que des strates se distinguent de la même façon que des strates géologiques. Ce sont ces strates qui nous intéressent et sur lesquelles nous souhaiterions revenir.

## La corrosion : un objet d'étude

### L'approche stratigraphique : un examen interactif

Ces strates, et les relations qu'elles entretiennent entre elles, sont en effet souvent significatives et méritent d'être prises en compte de façon plus large dans la conservation des objets archéologiques et tout au long de la chaîne opératoire, dès la fouille comme dans le suivi des collections. Tout conservateur-restaurateur d'objets archéologiques métalliques est au fait de leur observation et de leur description, plus ou moins approfondie selon l'enjeu de cette description. Hors projets de recherche, les observations se font au cours des opérations de nettoyage et font de la restauration le moment privilégié de leur étude : un examen interactif plus ou moins destructif des différentes strates (**fig. 5**).



**Figure 5** Vue macroscopique des strates dégagées lors d'un nettoyage de produits de corrosion sur un objet archéologique; à gauche: en fer (paroi de coffre romain composite, contexte subaquatique, MDAA, Arles); à droite: en alliage cuivreux (élément de miroir, contexte terrestre, Ville d'Aix en Provence), © A-CORROS.

### L'approche stratigraphique : une méthode descriptive normalisée

Le protocole descriptif le plus connu en conservation-restauration est celui mis en place par Régis Bertholon (2000) et diffusé au sein de certaines formations en conservation-restauration des biens culturels archéologiques. Pour rappel, il s'agit, au moment de l'étape du constat d'état, de considérer l'objet archéologique comme un milieu géologique et de décrire les couches observées de l'extérieur vers l'intérieur d'un objet (et donc avec sa couche de corrosion, ses concrétions, ses sédiments, etc.). Cette analyse est rendue possible par les accès aux fissures ou fragmentations naturelles au moment de la prise en charge, par une étude de coupe plus aboutie ou simplement par le nettoyage, lui aussi, de fait, stratigraphique (fig. 6 et 7). Cette étude préalable interactive permet notamment l'identification et la localisation de la surface d'origine des objets (surface de l'objet lors de son abandon).

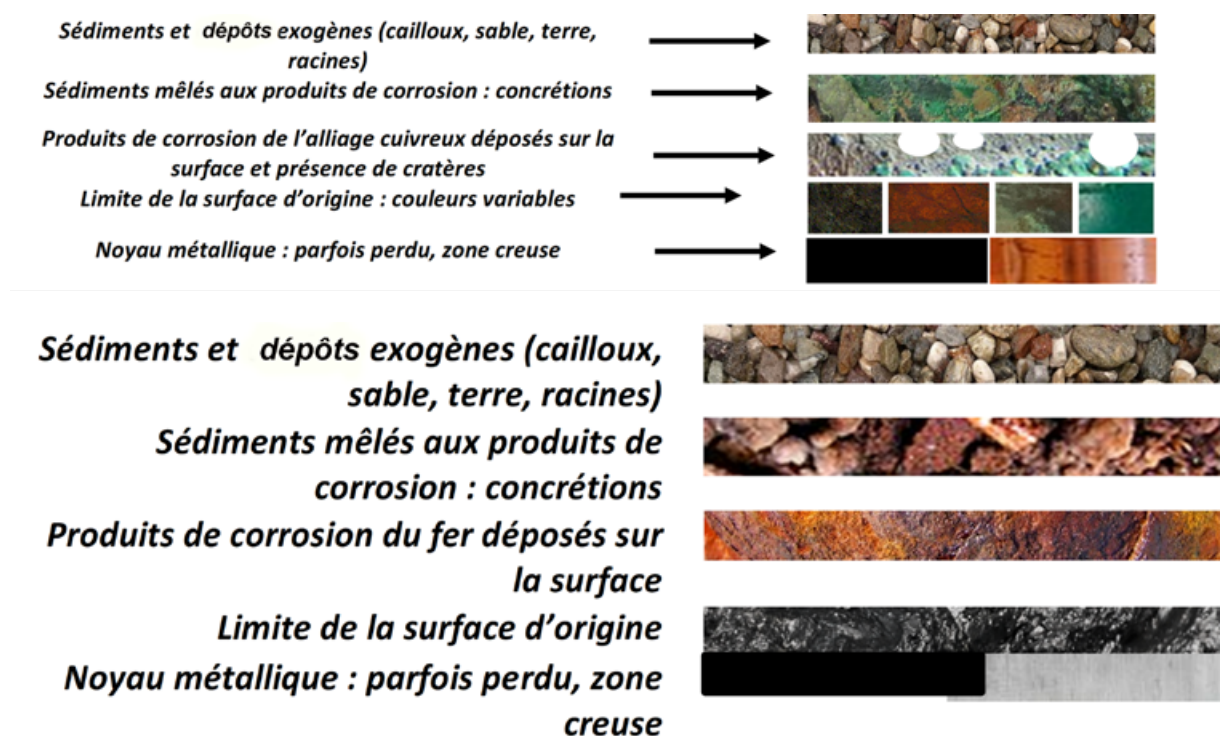


**Figure 6** Étapes d'un nettoyage des produits de corrosion sur un objet archéologique composite (paroi de coffre romain, contexte subaquatique, MDAA, Arles). © A-CORROS.



**Figure 7** Vue de la paroi de coffre romain après restauration. © Christophe Terpent, Arc Nucléart).

Idéalement et dans la mesure des possibilités de délai, de budget et d'intérêt scientifique ou pratique, cette description peut être détaillée selon des dizaines de critères de formes et de textures et peut donner lieu à l'établissement de schémas associés, reprenant l'empilement de ces couches, en les distinguant par des couleurs ou des figurés (**fig. 8, 9 et 10**).



**Figures 8** Représentation schématique de la stratigraphie d'objets archéologiques métalliques en alliage cuivreux (en haut) et en fer (en bas). © A-CORROS



Figure 9 Représentation schématique de la stratigraphie d'un objet archéologique métallique en fer © A-CORROS.

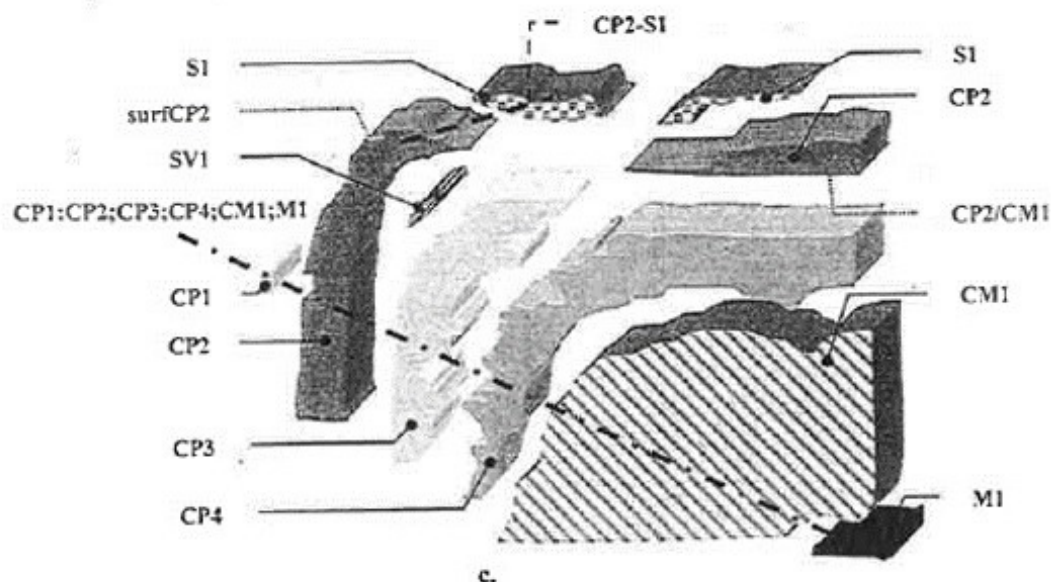


Figure 10 Types de strates et codes associés (d'après Bertholon, 2002, p. 58). © R. Bertholon.

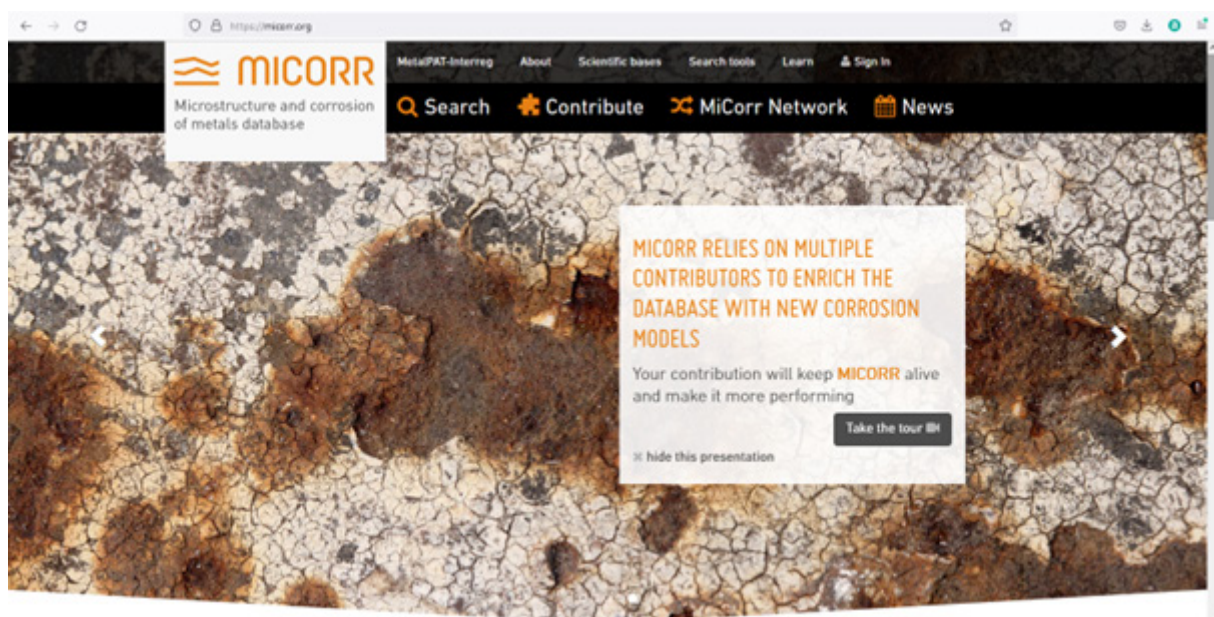
## L'approche stratigraphique : imagerie et analyses

Dans la plupart des cas, et notamment lorsque des examens visuels ou des analyses de composition complémentaires sont réalisés, ces couches peuvent être également caractérisées. C'est en effet une pratique courante en archéométrie du mobilier métallique sur écailles ou prélèvements. Après inclusion dans une résine et polissage, on peut observer le métal en coupe par des moyens optiques de pointe et également réaliser des analyses précises de caractérisation, par MEB EDS ou diffraction X par exemple.

Pour l'archéologie, les scientifiques de la conservation étudient les couches de corrosion pour comprendre comment se forment les produits de corrosion, car ils sont caractéristiques d'un milieu, d'un environnement, d'un usage, d'un accident. Pour la conservation-restauration, leur étude aide à comprendre comment ces produits évoluent : porosité, épaisseur, compatibilité, où se nichent les chlorures responsables de dégradations majeures. La recherche pour l'optimisation des méthodes de conservation, de stabilisation et de protection a besoin de pouvoir étudier cette corrosion comme matière à part entière issue d'objets archéologiques réels, car les corpus réels sont encore trop maigres et les matériaux de synthèse ne suffisent pas à rendre compte d'une réalité bien plus complexe.

## L'approche stratigraphique : archive et base de données

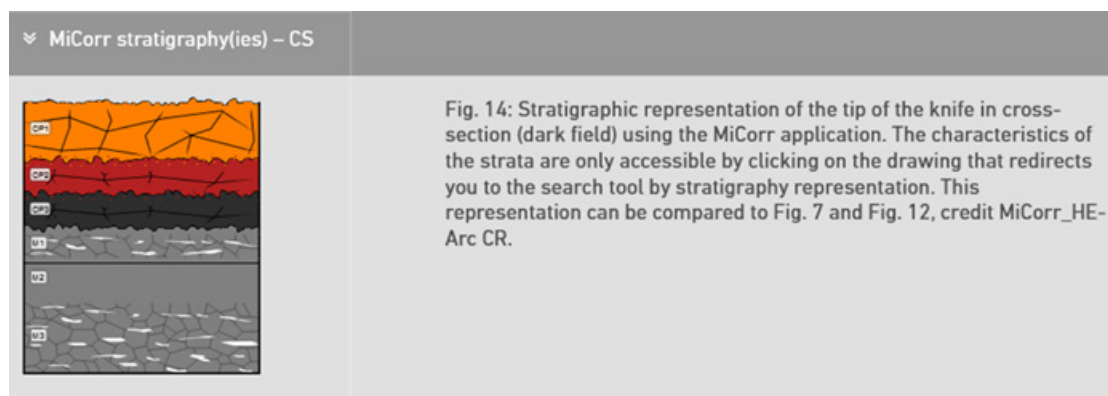
Au croisement de ces deux approches, du quotidien des conservateurs-restaurateurs et des études des scientifiques en conservation, le projet MiCorr<sup>1</sup> lancé par Christian Degriigny (Degriigny *et al.*, 2016 et 2020) et directement issu des recherches lexicales descriptives de Régis Bertholon (2000), entend permettre la constitution d'une base de données de ces stratigraphies de corrosion en vue d'en permettre l'étude approfondie et comparative à une échelle plus large. Chaque fiche inclut en effet des critères descriptifs normés, permettant de mettre en relation des objets variés par la similitude de leurs profils de corrosion (**fig.11** et **12**).



**Figure 11** Capture d'écran de la page d'accueil du site MiCorr. <https://micorr.org/>.

<sup>1</sup> <https://micorr.org/>





**Figure 12** Capture d'écran d'une rubrique comprenant une coupe stratigraphique de produits de corrosion. <https://micorr.org/>

## Limites

Cependant, malgré ces recherches fondamentales et hors projet d'étude précis, la pratique des archéologues envers les conservateurs-restaurateurs reste majoritairement focalisée sur deux axes : une demande de stabilisation rapide d'objets avec leurs produits de corrosion et leurs concrétions ou une demande de nettoyage par la recherche d'une seule strate, la limite de la surface d'origine, sur tout ou partie de l'objet. Or, la réalité est complexe et ces deux opérations impliquent en réalité une prise en compte plus fine des couches de corrosion recouvrant un objet métallique archéologique.

La corrosion est donc précieuse : directement en elle-même, en tant que potentiel informatif, mais aussi indirectement, pour ce qu'elle porte comme information, tout comme une unité stratigraphique archéologique (US) peut l'être par sa présence même, parmi d'autres, ou par ses propriétés géologiques, autant que par ce qu'elle contient comme mobilier.

L'exemple des restes organiques minéralisés est à ce titre particulièrement convaincant.

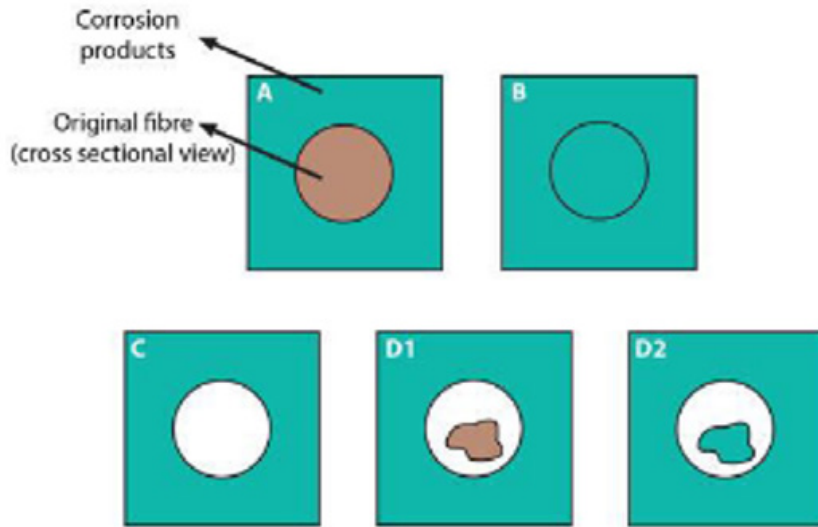
## La corrosion : une étude d'objet

### Les restes organiques minéralisés : processus de formation

En effet, certains contextes micro-environnementaux favorisent la réalisation de processus physico-chimiques qui empêchent la destruction totale des restes organiques, telle que la minéralisation. Il s'agit d'un des principaux processus taphonomiques qui conduisent à la préservation exceptionnelle des restes organiques et, notamment, textiles. Ce processus de diffusion de matière minérale et métallique à partir d'artefacts proches dans une matière organique, dont la dégradation est de surcroît ralentie grâce à ce phénomène, est encore assez mal connu malgré de récents travaux, toujours en cours, avec les chimistes de l'université de Paris Saclay (Li, 2019)<sup>2</sup>. La caractérisation de ces matériaux est donc complexe (seule une forme subsiste, sans plus aucune nature organique : une fibre composée de matière minérale) mais leur analyse approfondie et, notamment, visuelle (macroscopique comme

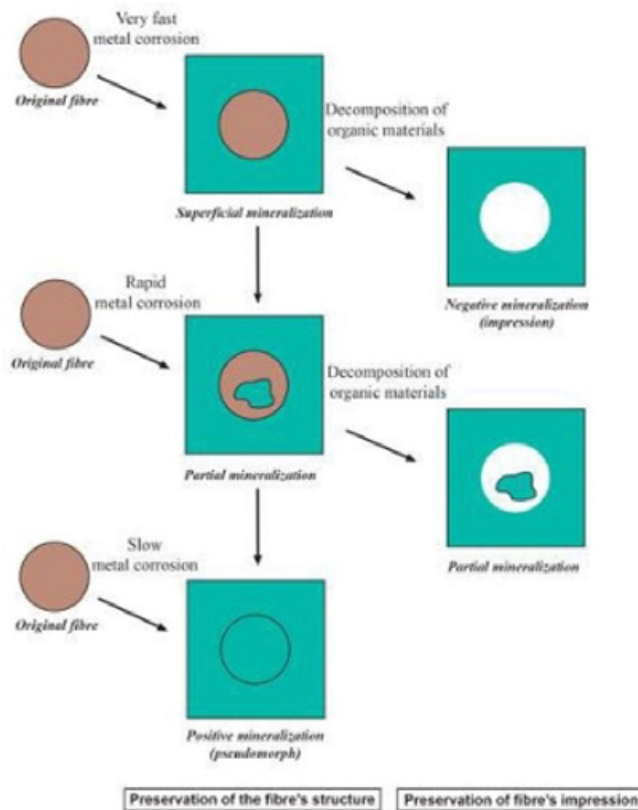
<sup>2</sup> Voir le projet ETAM ++ : *Etude physico-chimique de textiles archéologiques exceptionnellement préservés sous forme minéralisée*, laboratoire IPANEMA, université Versailles-Saint Quentin.

microscopique) peut fournir des informations archéologiques uniques dans lesquelles réside l'enjeu de la conservation de ces restes (fig. 13).



**Figure 13** Le processus de formation des restes organiques minéralisés, d'après Li et al., 2019, p. 56. © Li et al.

Selon les situations d'enfouissement et, donc, selon les processus de corrosion des matières métalliques associées, cette minéralisation pourra prendre plusieurs formes : superficielle, négative, positive ou partielle (Li, 2019; fig. 14). Ainsi, une corrosion rapide permettra une bonne conservation des restes organiques qui n'auront pas le temps de se dégrader.



**Figure 14** Les différentes formes de minéralisations, d'après Li et al., 2019, p. 62. © Li et al.

Minéralisation superficielle	Les produits de corrosion entourent les fibres, préservant leur morphologie physique et leur intégrité chimique
Minéralisation positive	Pseudomorphisme = substitution complète des composés chimiques des fibres par les produits de corrosion. Dans ce cas, seules les caractéristiques morphologiques des fibres sont préservées.
Minéralisation négative	Dégradation totale des fibres; lecture de l’empreinte des fibres dans la matrice de base minérale. L’empreinte peut avoir été faite à partir de la morphologie externe des fibres ou des fibres dégradées.
Minéralisation partielle	Substitution totale ou partielle des composés chimiques organiques par les produits de corrosion.

### Les restes organiques minéralisés : enjeu

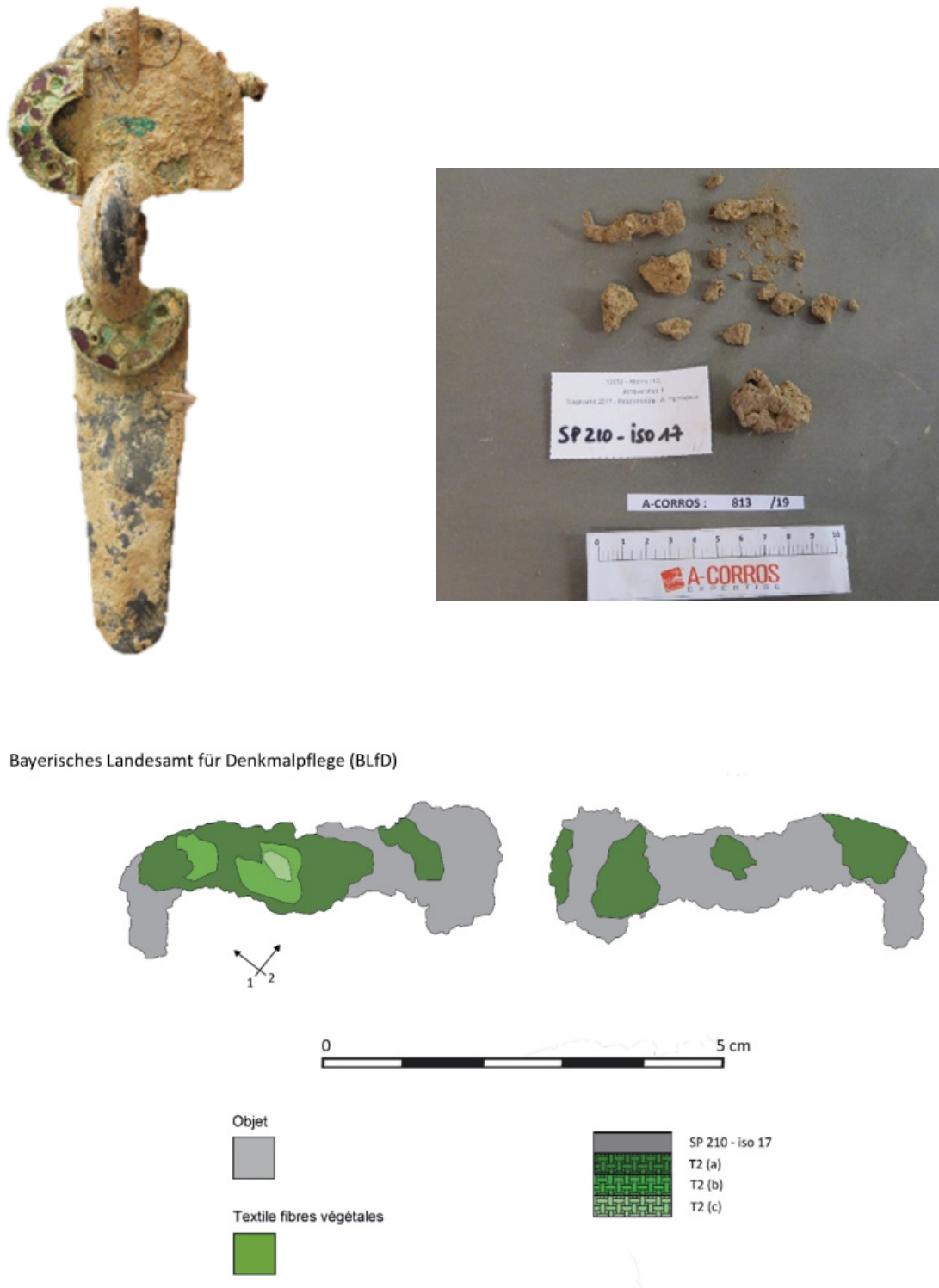
La minéralisation permet en effet la conservation, en position originale sur l’objet, de la mémoire de matériaux présents au moment de l’abandon et aujourd’hui disparus, mais aussi d’une mémoire des dispositions et des gestes, notamment en contexte funéraire. Avec une attention particulière et à partir de fragments de très petite taille (inférieurs parfois au millimètre), on peut obtenir de nombreuses informations dont la précision sera proportionnelle à la documentation préexistante. Si on peut aller jusqu’à une caractérisation des tissus et des fibres, il s’agit en effet de données essentiellement relatives. On peut ainsi, par comparaison entre plusieurs études d’une même sépulture, avoir une idée de l’habillement d’un défunt et des éventuelles superpositions ou, entre sépultures, avoir un aperçu des tendances vestimentaires, des productions matérielles ou des techniques décoratives d’un ensemble de population à une époque précise (Bizot, Signoli, 2009). Croisées avec les données du mobilier et des ossements, ces informations peuvent aussi confirmer des éléments de provenance ou de datation. Pour cela, il est important de suivre un protocole cartographique et descriptif normé et d’aller vers la construction de corpus, voire vers la création d’une base de données.

### Les restes organiques minéralisés : protocole

Dès la fouille, il est donc important de limiter la perte de matière et donc d’information en conservant au maximum le sédiment autour des objets. Un équilibre sera ensuite à trouver par le conservateur-restaurateur entre le retrait des sédiments non significatifs et la conservation des empreintes fossiles des restes organiques dans la corrosion résiduelle, à la manière d’une micro-fouille archéologique qui chercherait une unité stratigraphique puis la suivrait pour la décrire et la documenter. À ce moment-là, lorsque les restes organiques sont repérés, une campagne photographique permet un premier enregistrement de leur localisation, qui donnera lieu à un traitement cartographique précis. Des prélèvements éventuels peuvent être faits, mais les quantités sont si restreintes que l’essentiel de l’étude doit pouvoir se concentrer sur l’observation et ne pas compter sur le renfort des analyses. La documentation des restes organiques minéralisés est aujourd’hui basée sur un système standardisé, mis en place par le laboratoire de conservation-restauration archéologique du Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLfD)<sup>3</sup> : il s’agit d’une cartographie des objets en DAO où les différents

<sup>3</sup> « Administration centrale pour la conservation du patrimoine bavarois ». Voir : Nowak-Böck, Von Looz, 2013 ; Nowack-Böck, Voß, 2016. Les fichiers sont téléchargeables en libre accès sur le site internet du BLFD (<http://www.blfd.bayern.de/bodendenkmalpflege/service/>), qui fournit également la notice pour l’installation des scripts (<http://www.blfd.bayern.de/medien/kartierungssystemorganik-erlaeuterung.pdf>). Aujourd’hui en allemand, l’équivalent en anglais est en cours d’élaboration. À voir aussi : Proust, 2006 et Huyseune, 2019).

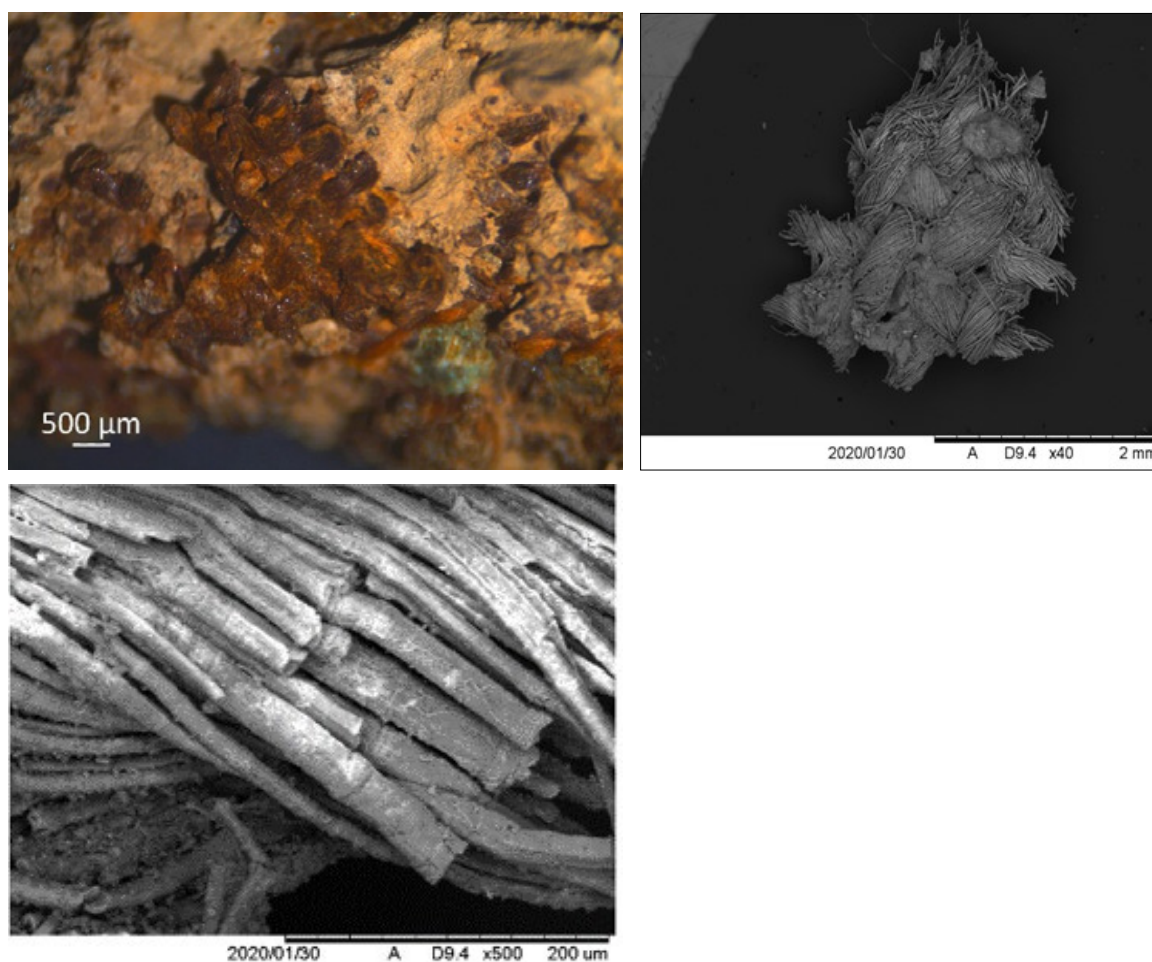
matériaux organiques sont représentés par une gamme de couleurs prédéfinies en fonction de la nature des restes (fig. 15).



**Figure 15** Exemple d'étude de restes textiles minéralisés sur un ressort de fibule mérovingienne (SP210-17, Jonquerolles, fouille INRAP 2017), cartographie des restes. © E. Desplanques.

### Les restes organiques minéralisés : conserver la corrosion pour les trouver

Par conséquent, le repérage et la préservation de ces restes doivent se faire dès la fouille et tout au long des opérations de conservation-restauration, ainsi que nous avons eu la possibilité de le faire pour une collection d'accessoires issue d'une nécropole mérovingienne du sud de la France. En travaillant ensemble, l'archéologue formée à l'étude textile et la conservatrice-restauratrice formée au repérage des restes organiques dans la corrosion, nous avons pu alterner observation et dégagement pour tenter d'en préserver un maximum. La formation de ce tandem a permis un travail d'étude compatible avec les exigences de la restauration de ces objets, sans compromettre ni les analyses métallographiques, ni la stabilisation, ni les restes organiques, observés et/ou prélevés avant tout ajout de produit chimique ou avant toute opération de nettoyage (fig. 16). Dans le cas de cette nécropole, notre chance fut que les plus beaux objets aient été sortis par hasard lors des opérations de diagnostic, permettant ainsi une anticipation importante des besoins et, donc, une adaptation des budgets en conséquence.



**Figure 16** Exemple d'étude de restes textiles minéralisés sur un ressort de fibule mérovingienne (Jonquerolles, fouille INRAP 2019), vues microscope optique et MEB. © A-CORROS.

## Gérer la corrosion : que faire ?

### Une temporalité administrative complexe et des pratiques inadaptées

Certes difficile à anticiper avant la découverte des objets, et donc au moment de la réponse aux appels d'offre pour les opérateurs d'archéologie préventive, il est en revanche fréquent que ce repérage des restes organiques minéralisés soit effectué après établissement des devis et, donc, bien après la fouille, voire après un premier nettoyage. Cette pratique inadaptée diminue les possibilités de documentation des restes organiques – qui plus est, quand le budget dédié à ces études est restreint, car non prévu au départ.

Par conséquent, les objets archéologiques en métal pâtiennent du fonctionnement actuel de l'archéologie préventive et sont encore une fois trop souvent tributaires de délais très serrés : pour permettre une identification rapide des formes, des décors ou des alliages, des dégradations sont parfois faites involontairement dans les couches de produits de corrosion; des nettoyages sont parfois trop poussés; ou les objets peuvent être laissés à sécher ou soumis à des chocs et perdre une bonne partie de leurs surfaces, arrachées au sein de la gangue ou des écailles (**fig. 17**).



**Figure 17** : exemple d'objet en fer pris en charge deux ans après la fouille et après un séchage rapide et non contrôlé.  
© A-CORROS.

Le traumatisme subi par les vestiges à la sortie de fouille accompagné de certaines pratiques rapides et/ou abusives, voire tout simplement accidentelles, en tout cas inadaptées, du nettoyage au stockage, ont un impact direct sur les produits de corrosion qui peuvent être perdus ou modifiés, impliquant la perte consécutive de possibles informations associées.

Parfois, cependant, ces couches sont bien conservées. Mais la demande commerciale consiste pour autant en un retrait pour nettoyage ou pour stabilisation et, souvent, aucune étude, ni budget associé, ne sont prévus, malgré un contexte de découverte pourtant prometteur.

### Dans le doute, on garde tout ?

Il arrive en effet que les objets arrivent bruts de fouille, ce qui n'est pas forcément ni plus simple ni plus pertinent, bien que légitime. On le constate dans les formations que nous donnons régulièrement aux archéologues, par exemple (collaboration A-CORROS, Arc'Antique-INRAP) : depuis que nous avons alerté sur l'intérêt de préserver les couches de corrosion, il est fréquent qu'aucune étude ni nettoyage ne soient prévus dans les demandes de

devis qui nous parviennent. De plus, nous sommes conscients que cela convient à la fois aux exigences déontologiques (permettre des études ultérieures tel que démontré plus haut) et budgétaires (intervention réduite), mais ces demandes sont parfois bien trop prudentes ou minimalistes au regard des besoins réels des objets et de leur potentiel. Et cette prudence n'est pas toujours recommandée.

*Ne rien faire, c'est prendre le risque de perdre des informations et de tirer des conclusions incomplètes sur une collection*

Si ce point de vue peut enrichir les dossiers de reprises de restauration à l'avenir et permettre de nouvelles futures découvertes, c'est toutefois dommage pour la recherche en cours. Des restes organiques minéralisés non étudiés peuvent être un jour fragmentés ou abrasés et, même s'ils sont simplement vernis « pour plus tard », avec une intention légitime louable, les fibres sont irrémédiablement endommagées et la perte d'information demeure conséquente, même si on peut encore voir des choses (fig. 18). Il faut donc nuancer le « c'est mieux que rien ».



**Figure 18** Fragments abrasés d'un umbo en fer (musée d'Enserune) ayant connu une ancienne restauration; traces de fraise, éléments techniques illisibles (torsion, diamètre des fils) mais conservation de la lecture de l'armure et de la disposition du fragment. © A-CORROS.

*Ne rien faire, c'est déléguer au conservateur-restaurateur la responsabilité de la sélection des objets pour des raisons matérielles dénuées de lien avec l'intérêt historique et scientifique des objets*

Il arrive que l'on nous demande d'établir des devis pour des objets peu identifiables, des concrétions dans lesquelles la présence d'objets n'est pas avérée ou peu claire, ou pour des objets dont l'état de conservation est impossible à déterminer. Dans ce cas, une simple radiographie peut parfois suffire à mettre en évidence l'inconnu et à accorder exigences budgétaires, délais, déontologie et conservation. Car le doute est en réalité l'ennemi du chiffrage : on peut prévoir large pour ne pas prendre de risque et cet argent ne servira pas à un traitement pertinent ultérieur. Si on considère les couches de corrosion comme de réelles unités stratigraphiques, alors la décision de leur dégagement et de leur étude ne revient-elle pas au responsable d'opération ?

*Ne rien faire, c'est oublier ou ne pas savoir que dans la corrosion, il y a des agents catalyseurs qui continuent à dégrader l'objet et des contraintes mécaniques qui limitent les traitements*

La conserver n'est pas forcément un gage de protection. En effet, la recherche en archéométaballurgie et en conservation a depuis longtemps démontré la localisation, stratigraphique toujours, de ces produits de corrosion à extraire : ces sels ou chlorures sont majoritairement situés sous la surface d'origine qu'ils contribuent ainsi à soulever en cas de prise de volume, le plus souvent du fait de variations climatiques brutales. Ils sont donc bien enfouis sous la surface et, naturellement, sous les autres produits de corrosion externes qui recouvrent cette dernière. Les procédés de stabilisation, qui impliquent notamment des bains et donc une circulation de liquide, exigent une certaine accessibilité entre les strates. Dans le cas de couches trop épaisses ou peu poreuses, il peut arriver que cette stabilisation soit incomplète ou inefficace. Et il faut alors reprendre ces stabilisations plus tard, parfois moins de dix ans après, ce qui est très coûteux.

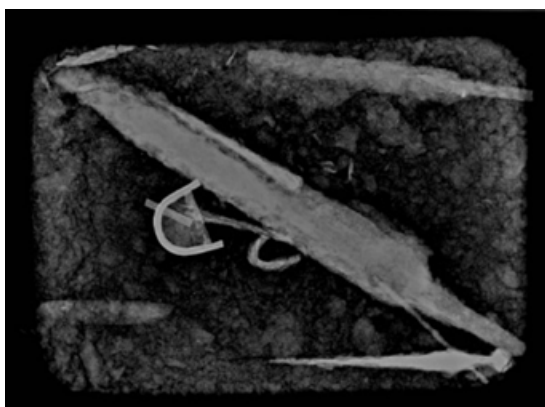
Au contraire, un nettoyage préalable, si possible jusqu'à la surface d'origine, a montré une meilleure efficacité de la stabilisation. Celle-ci ne devrait donc pas être aussi systématique ou toujours consécutive à une étude et à un nettoyage préalable, ce qui n'est pas toujours compatible avec les exigences législatives requises par les opérateurs. Il semble y avoir là une méconnaissance pratique refusant par principe l'utilisation du terme de « restauration » au profit d'une nécessaire « stabilisation », parfois non pertinente ou trop anticipée. De plus, c'est aussi parfois pendant les étapes d'étude ou de nettoyage, trop souvent jugées facultatives, que l'on se rend compte du fait que, parfois, aucune stabilisation ne sera finalement nécessaire.

*Ne rien faire, c'est prendre le risque d'une absence de suivi*

L'exemple des prélèvements en motte est significatif à ce sujet. L'intention est toujours bonne mais encore faut-il que la motte soit bien préparée (remettre de la terre n'est pas une motte) et qu'elle soit prise en charge rapidement, sinon elle sèche. L'important réside dans sa conservation, si elle n'est pas traitée tout de suite. Les risques sont une perte d'intérêt et



le temps qui a été consacré à la réaliser est gâché<sup>4</sup>. Dans l'attente de budget pour la stabilisation ou la restauration, il faut donc plutôt s'assurer que les conditions de conservation préventive soient adaptées au risque : sinon, on risque de voir l'objet disparaître à plus ou moins long terme (**fig. 19**).



**Figure 19** Aperçu d'une motte qui a évolué entre la fouille et l'arrivée au laboratoire, ainsi que les éléments de cette motte après restauration.  
© INRAP / A-CORROS.

<sup>4</sup> À ce sujet des formations sont régulièrement dispensées par des conservateurs-restaurateurs à destination des archéologues (voir avec les organismes de formation).

### *Agir partiellement n'est pas non plus la solution idéale*

Il arrive que les objets aient été traités par fenêtres ou par bandes selon le fameux « nettoyage pour étude ». Mais ce choix peut s'avérer en réalité également nocif pour la conservation, car, entre les zones nettoyées et celles encore enfouies sous les strates de corrosion, s'observe une différence de dégradation majeure (fig. 20). Cette pratique est aujourd'hui à questionner sérieusement.



**Figure 20** Aperçu d'un objet partiellement nettoyé présentant des reprises de corrosion différentielles.  
© A-CORROS.

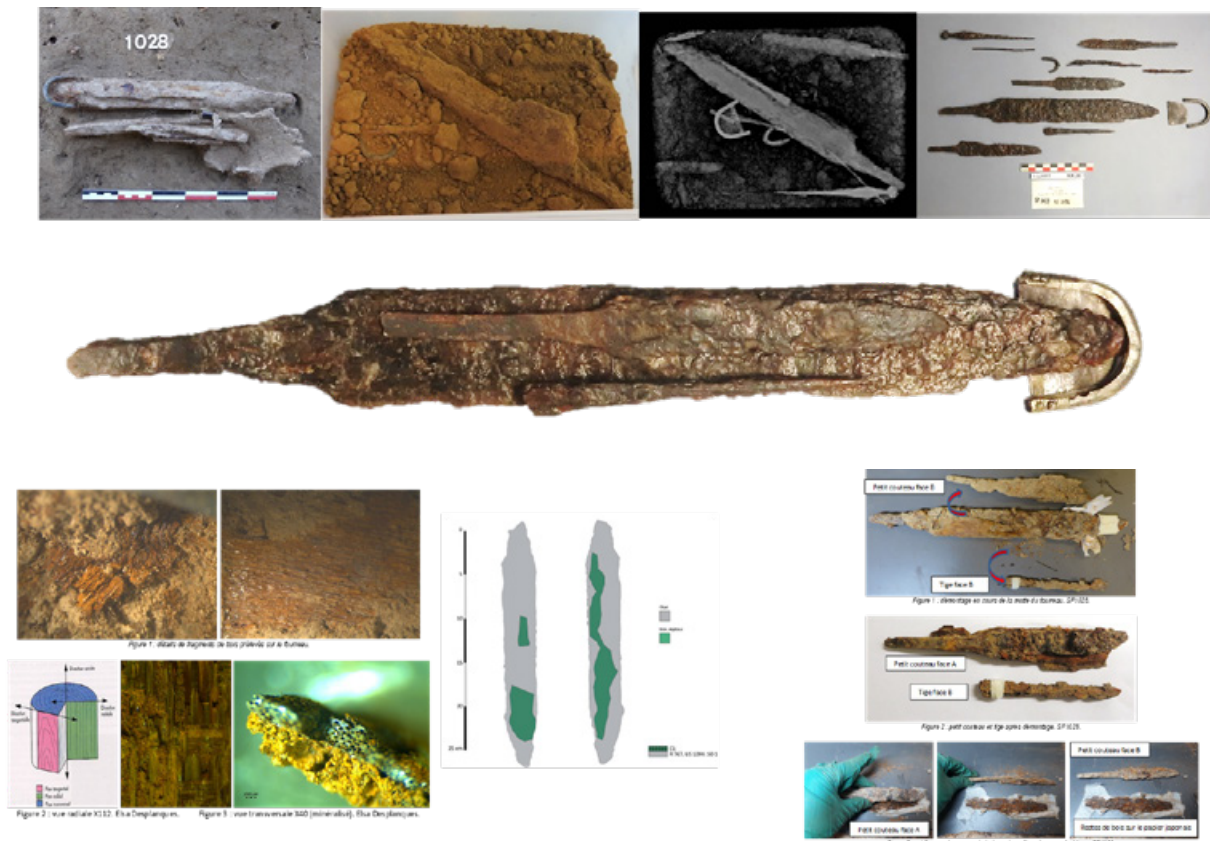
### **Comment sortir de l'impasse?**

Alors, que faire? Cette communication avait pour objectif de montrer des situations contraires afin de réfléchir ensemble aux processus de décisions à envisager en amont. Ce que nous constatons aujourd'hui, et le contenu de ce colloque l'a prouvé à plusieurs reprises, c'est le potentiel informatif immense recélé par l'environnement direct de l'objet archéologique et par sa prise en charge rapide, en collaboration avec des conservateurs-restaurateurs. En ce sens, nous avons été heureuses de nous apercevoir que la situation s'améliore, que les points de blocage se lèvent et que nos conseils sont entendus. Malgré certains des écueils présentés ici, nous reconnaissons avoir pu étudier des objets en détail et en obtenir un grand nombre d'informations, car, le plus souvent, il n'est heureusement pas trop tard. Cependant, nous avons aussi souhaité montrer que la prudence extrême ou le repli vers une délégation des décisions aux conservateurs-restaurateurs n'étaient pas non plus des solutions idéales pour la préservation des couches de corrosion et des informations qu'elles renferment. Pour éviter l'impasse entre action excessive et inaction contraignante, il faut réfléchir ensemble pour adapter chaque décision à chaque cas, et surtout, pour anticiper au maximum les demandes, si possible même en amont des fouilles (fig. 21).



**Figure 21** Intégration des études et des prélèvements dans la chaîne d'étude et de conservation en lien avec le cycle de la corrosion du métal, d'après Charrié-Duhaut A., 2020, p. 6. © A. Charrié-Duhaut

Les études de restes organiques minéralisés présentées ici, ainsi que celles présentées tout au long de ce colloque, montrent par exemple que, dans le cas de fouilles de sépultures, la présence d'une ligne budgétaire incluant l'intervention, même minimale, d'un spécialiste de la question, archéologue et/ou conservateur-restaurateur, ne peut être une option. Si les anthropologues sont requis de façon systématique dans les équipes, et leurs actions désormais intégrées au montage financier des réponses des opérateurs d'archéologie préventive aux marchés d'opérations archéologiques, de la même façon, les spécialistes de la conservation ne peuvent à notre sens en être dorénavant exclus (fig. 22).



**Figure 22** Restitution après étude et restauration des éléments d'un kit de couteaux mérovingiens, malgré des accidents de prélèvement et de suivi. © A-CORROS.

En l'absence pour l'instant de ces adaptations, aux dimensions principalement administratives, il s'agirait donc de limiter les pertes en réfléchissant à des protocoles permettant l'intervention facilitée, sur la fouille ou même ultérieurement, au moment de l'étude, des spécialistes de la corrosion et des restes organiques. Plusieurs protocoles de prise en charge et de description, ainsi que de localisation des restes organiques ont été présentés lors de ce colloque. Nous renvoyons ainsi le lecteur vers ces différents travaux et, notamment, vers les fiches présentées par Wendy Bougraud.

Enfin, si la perte est inévitable (étude pressée, dégradation importante en cours, etc.), nous insistons sur la qualité et la précision de la documentation à chaque étape de la prise en charge des objets (fig. 22, 23 et 24).

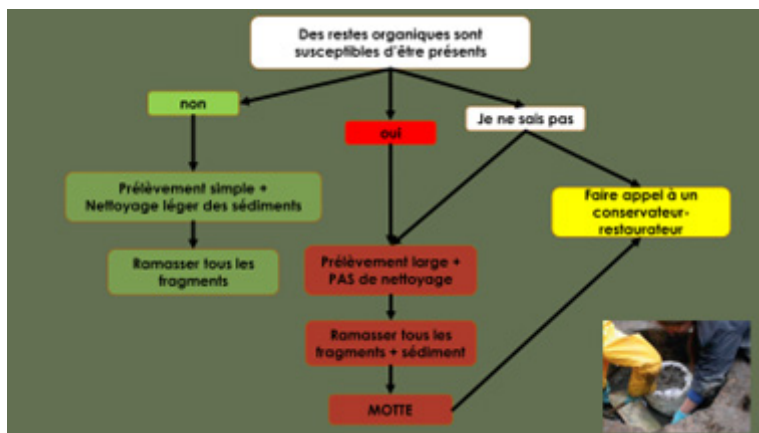


Figure 23 Exemple d'arbres de décisions simples fournis pendant les formations destinées aux archéologues. © A-CORROS, Arc Antique, INRAP.

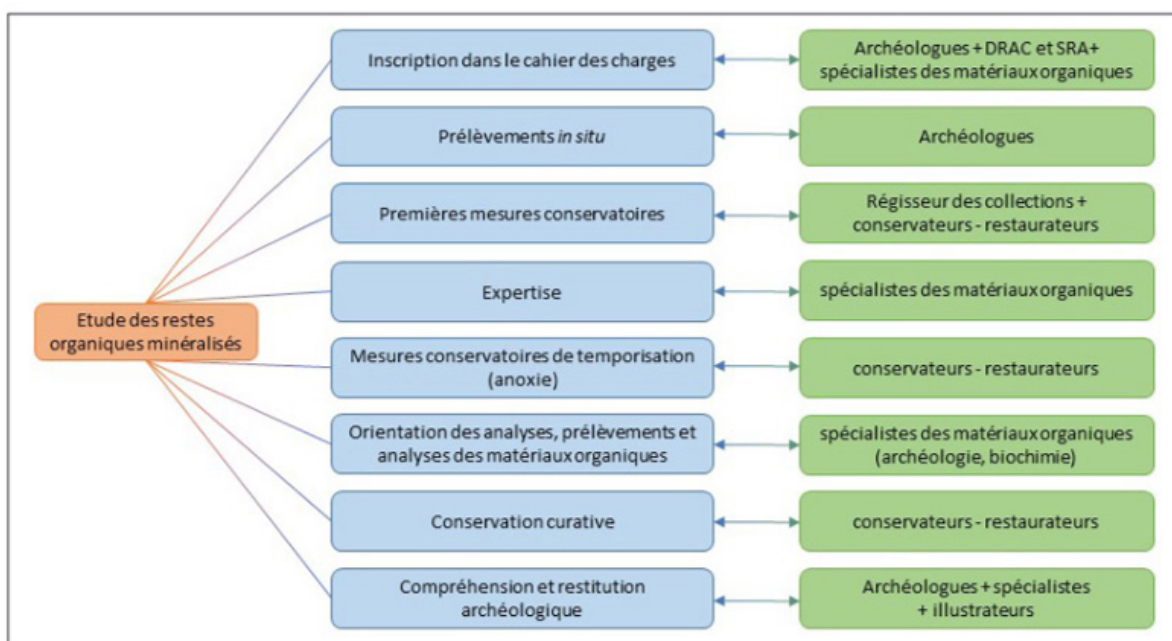


Figure 24 Chaîne opératoire proposée pour l'étude des restes organiques minéralisés d'après Charrié-Duhaut A., 2020, p. 8. © A. Charrié-Duhaut.

## Conclusion

Il semble donc y avoir un vide conceptuel entre deux approches pourtant tout autant stratigraphiques, l'une ayant inspiré l'autre : la fouille et le traitement des objets. L'objet sorti de son enfouissement adopte le statut de « bien archéologique mobilier » et la description de ses couches de corrosion semble revenir au conservateur-restaurateur ou au scientifique qui doit le stabiliser, le restaurer ou l'étudier. Toutefois, nous avons montré que l'ensemble de ces strates constituait une véritable unité stratigraphique à prendre en compte dès la fouille afin, d'une part, de faire des choix pertinents et d'éviter toute perte d'information et, d'autre part, de faire des opérations de nettoyage une vraie problématique archéologique. Il serait inacceptable que lors de la fouille d'une sépulture, par exemple, on décide arbitrairement de sacrifier une US au profit d'une autre : des critères objectifs doivent être envisagés. Et cela nous semble relever de la responsabilité des archéologues.

Par conséquent, il est important de comprendre la corrosion et cette organisation stratigraphique pour que les choix opérés par les archéologues lors de leurs demandes de devis soient des plus adaptés. Archéologues et conservateurs-restaurateurs doivent pouvoir parler la même langue. Des nuances et des précisions sont donc à apporter en termes de vocabulaire : si on doit dire « micro-fouille, étude et nettoyage » pour toute intervention préalable à la stabilisation impliquant une prise en compte des produits de corrosion, que signifie alors encore aujourd'hui la restauration d'un objet archéologique métallique ? Est ce qu'il n'y a pas ici dans ces jeux de mots l'aveu d'un besoin de redéfinir la place du métier de conservateur-restaurateur au sein de la discipline archéologique ?

Car, s'il existe fort heureusement de beaux projets, comme le montre une partie des présentations de ce colloque, d'autres communications montrent aussi que la gestion du quotidien de fouilles rapides pâtit encore d'incompréhensions que les contextes financiers et administratifs ne peuvent suffire à expliquer. Il est nécessaire de repenser plutôt les structures de décision et la place du conservateur-restaurateur bien en amont des découvertes.

Les archéologues, comme la plupart des participants de ce colloque, ne doutent heureusement plus de l'intérêt des études de la corrosion – on l'a vu avec les bracelets de l'âge du Bronze et, à nouveau, avec les découvertes de Bobigny (Nordez *et al.*, 2023; Kaurin *et al.*, 2023, dans ce volume). Mais ils sont, et les conservateurs-restaurateurs le sont tout autant, confrontés à des blocages administratifs et financiers vers lesquels doivent désormais se tourner notre lutte et notre argumentaire. La corrosion, comme unité stratigraphique porteuse de sens, objet d'étude ou creuset de connaissances, commence à être considérée. Reste toutefois à y associer une vision transversale et collective qui pourrait passer à la fois par un partage de ces données, afin d'en amplifier la valeur au niveau statistique, et aussi par une vision non plus spatiale et analytique mais chronologique : ce qu'on voit, décrit ou restaure, évolue et cette conservation palliative semble être un nouvel axe sur lequel réfléchir, tout en ayant conscience que cette temporalité dépasse par définition le calendrier budgétaire et politique. Il s'agit d'un chantier d'envergure que nous souhaiterions construire main dans la main avec les archéologues.

## Références bibliographiques

- Bertholon R.** (2000), *La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques. Caractérisation, localisation et approche des mécanismes de conservation*, thèse de doctorat, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 419 p.
- Bertholon R.** (2002), « Proposition d'une méthode de description de la corrosion adaptée aux objets métalliques archéologiques : schéma général de la méthode », dans ARAAFU (éd.), *La conservation-restauration en archéologie : urgences : problématiques et applications; actualité*, actes des XVII<sup>es</sup> Journées des restaurateurs en archéologie, IRRAP, Compiègne, 26-27 septembre 2001, Paris, ARAAFU, (coll. CRBC-Cahiers Techniques, 9), p. 56-65.
- Bizot B., Signoli M.** (éd.) (2009), *Rencontres autour des sépultures habillées*, actes des journées d'étude organisées par le Groupement d'anthropologie et d'archéologie funéraire et le SRA de Provence-Alpes-Côte d'Azur (Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône), 13-14 décembre 2008, Gap, Téléché, GAAF, 146 p.
- Charrié-Duhaut A., Médard F., Proust C., Barrand-Emam H.** (2020), « Les restes organiques minéralisés : un nouveau champ d'investigation en contexte funéraire. Exemple de la nécropole mérovingienne de Merxheim “ Obere Reben ” (Haut-Rhin) », dans Carpentier, C., Arbogast, R.-M., Kuchler, P., *Bioarchéologie : minimums méthodologiques, référentiels communs et nouvelles approches*, actes du 4<sup>e</sup> séminaire scientifique et technique de l'INRAP, (Sélestat, 28-29 nov. 2019), Paris, INRAP, 15 p.
- Degrigny C., Gaspoz C.** (2020), « MiCorr : un outil d'aide au diagnostic et de partage de savoir sur les métaux archéologiques », dans *D'hier à demain*, actes des XXXI<sup>es</sup> Journées des restaurateurs en archéologie (LAM, Nancy, 12-13 octobre 2017), Paris, ARAAFU (coll. Cahiers Techniques, 26), p. 115-122.
- Degrigny C., Gaspoz C., Rosselet A., Boissonnas V., Jeanneret R., Bertholon R.** (2016), « The MIFAC-Metal online project : developing a decision support system for locally invasive diagnosis of heritage metals », dans Menon R., Chemello, C. et Pandya, A. (éds.), *METAL 2016*, proceedings of the ICOM-CC Metal WG interim meeting (New Delhi, India, 26-30 septembre 2016), New Delhi, ICOM-CC & IGNC, p. 220-227. Disponible sur : [\(PDF\) The MIFAC-Metal Online project : developing a Decision Support System for locally invasive diagnosis of heritage metals \(researchgate.net\)](#)
- Desplanques E.** (2020), *L'usage des textiles dans les pratiques funéraires : le cas des incinérations en urne métallique en Europe au I<sup>er</sup> millénaire av. J.-C.*, thèse de doctorat, Sorbonne Université, sous la direction de N. Ginoux, et de A. Marangou-Lerat.
- Huysseune H.** (2019) : « Conservation-restauration d'un ensemble archéologique prélevé en motte : une sépulture d'enfant du haut Moyen Âge (VII<sup>e</sup> siècle, Langenpreising, Bavière) », dans *Retours d'expérience et actualité*, actes des XXIX<sup>es</sup> Journées des restaurateurs en archéologie (Arc'Antique, Nantes, 15-16 octobre 2015), Paris, ARAAFU (coll. CRBC-Cahiers techniques, 23), p. 26-41.
- Kaurin J., Marion S., Chevallier R.**, (2023), « La nécropole gauloise de Bobigny « Hôpital Avicenne » : 20 ans de collaboration entre archéologues et conservateurs-restaurateurs », dans *Archéologues et conservateurs-restaurateurs : pour un tandem réussi*, actes des XIV<sup>es</sup> Journées de l'ANACT, organisées par le Service archéologique de Bordeaux métropole, (Bordeaux, 13-14 octobre 2022), Paris, ARAAFU (coll. CRBC-Cahiers techniques, 28), dans ce volume.
- Li J.** (2019), *Développements méthodologiques en imagerie et nouvelle appréhension physico-chimique de textiles archéologiques en lin de l'Orient ancien (3<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> av. J.-C.)*, thèse de doctorat, université Versailles Saint Quentin, présentée et soutenue au laboratoire IPANEMA, sous la direction de Loïc Bertrand, 336 p.

- Li J., Guériau P., Bellato M., King A., Robbiola L., Thoury M., Baillon M., Fossé C., Cohen S.X., Moulhérat C., Thomas A., Galtier P., Bertrand L.** (2019): « Synchrotron-based phase mapping in corroded metals : insights from early copper-base artifacts », *Analytical Chemistry*, Vol. 91, N° 3, p. 1815-1825.
- Nordez M., Lemoine S., Echinard J.**, (2023), « Les dépôts de parures de l'âge du Bronze moyen de Prat (Côtes-d'Armor) : du terrain au laboratoire », dans *Archéologues et conservateurs-restaurateurs : pour un tandem réussi*, actes des XIV<sup>es</sup> Journées de l'ANACT, organisées par le Service archéologique de Bordeaux métropole (Bordeaux, 13-14 octobre 2022), Paris, ARAAFU (coll. CRBC-Cahiers techniques, 28), dans ce volume.
- Nowak-Böck B., Von Looz G.** (2013), « Methodik der Bearbeitung von organischen Resten an Metallfunden », dans Haas-Gebhard B. und Fehr H. (dir.), *Unterhaching – Eine Grabgruppe um 500 bei München*, Abhandlungen und Bestandskatalog Archäologischer Staatsammlung München 1, München, Archäologische Staatsammlung München, p. 156-185.
- Nowak-Böck B., Voß H.** (2015), « Standardised mapping system for the digital documentation of organic materials on metal finds and in-situ-blocs », *Archaeological textiles review*, N° 57, p. 60-69.
- Proust C.** (2006), *Méthodologie d'étude des restes organiques minéralisés. Application sur le mobilier funéraire en fer d'une tombe du haut Moyen Âge, Nécropole de Bruckmühl, Allemagne*, mémoire de master Conservation-restauration des biens culturels, université Paris I Panthéon – Sorbonne.

## Les auteurs

**Marine Crouzet** Conservatrice-restauratrice d'objets archéologiques, A-CORROS, 17 chemin de Séverin, 13200 Arles, [mcrouzet@a-corros.fr](mailto:mcrouzet@a-corros.fr)

**Elsa Desplanques** Docteure en archéologie, Sorbonne université, [elsasophie.desplanques@gmail.com](mailto:elsasophie.desplanques@gmail.com)